

OS SISTEMAS DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM CABO VERDE - CASO DE ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA RIBEIRA BRAVA

António Advino Sabino¹

RESUMO

Muitos sistemas de conservação do solo e água foram introduzidos em Cabo Verde. Alguns sistemas não tiveram sucesso no passado. Contudo, entre as tecnologias introduzidas, os sistemas de aproveitamento de água de escoamento superficial adaptaram-se bem às condições climáticas e socio-económicas do país.

As tecnologias de aproveitamento da água das chuvas, particularmente os sistemas de conservação do solo e água, contribuíram grandemente para melhoria das condições económicas e ambientais das áreas beneficiadas. Por conseguinte, os sistemas de aproveitamento de água das chuvas surgem como alternativas para uma melhor gestão dos recursos hídricos e produção de culturas em pequena escala nas ilhas de Cabo Verde. Projetos de desenvolvimento e programas de aplicação de investigação devem ser implementados visando o aperfeiçoamento das tecnologias e a sua difusão. Este trabalho discute os sistemas de aproveitamento da água das chuvas em Cabo Verde e apresenta um Caso de Estudo na Bacia Hidrográfica da Ribeira Brava, São Nicolau, Cabo Verde.

Palavras Chave: Água de chuva, escoamento superficial, bacia hidrográfica, precipitação, evapotranspiração, sedimentação.

INTRODUÇÃO

O arquipélago de Cabo Verde, localizado no Oceano Atlântico a cerca de 375 milhas da costa ocidental da África, entre 14° 30' e 17° 30' de latitude norte e 22° 30' e 25° 30' de longitude oeste (Fig. 1), zona saheliana árida, apresenta taxas de evaporação mais oceânicas do que as encontradas nos outros países sahelianos do continente. O norte do país é mais seco, mas a umidade relativa aumenta à medida que se caminha para o norte e o sul. O Quadro 1 indica valores de alguns parâmetros climáticos de várias zonas ecológicas de Cabo Verde.

¹ Watershed Hydrologist, PROCAGE Consulting Engineers, Ltd

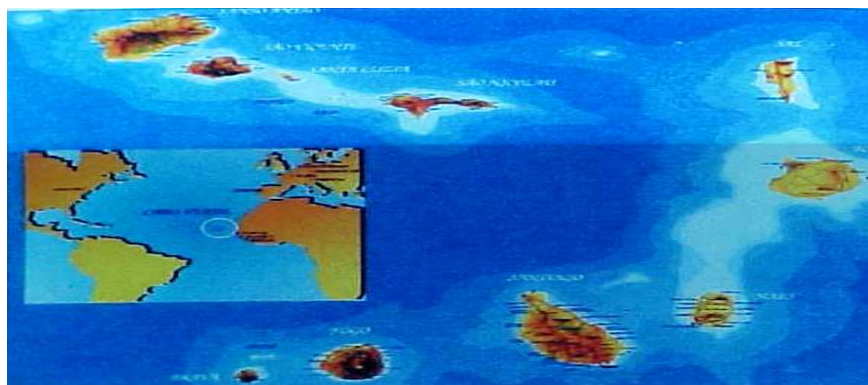


Fig. 1. Mapa de Cabo Verde

Table 1. Valores de alguns parâmetros climáticos de varias zonas ecológicas de Cabo Verde.

Ilhas/Estações	Temperaturas médias (°C)	Umidade Relativa (%)	Velocidade do vento (km/d)	Insolação (horas/d)	Radiação solar (mm/d)	Evapotranspiração potencial (mm/ano)
Praia (64 m)	25.3	65.8	499	7.8	824	2610*
Trindade (205 m)	24.2	76.1	361	8.0	824	2182*
S Jorge (350 m)	22	72	108	6.5	4.3	1559
L Santa (350m)	21.9	75	189	5	3.9	1541
Corda (950 m)	18.3	60	221	7.9	4.4	1951
Lagoa (1150 m)	17.2	73	232	7.8	4.5	1666
S Vicente (10 m)	23.5	68.5	725	8.4	817.8	2495*
Sal (54 m)	23.7	72	620	4.8	3.8	2629*

* Valores médios de evaporação anual.

Fonte: Sabino (1999)

Quase toda a precipitação anual se concentra no período de agosto a outubro e tende a originar pequenas cheias de caráter torrencial. A distribuição espacial é fortemente influenciada pelo relevo. A Figura 2 ilustra a correlação entre as precipitações médias diárias e altitude e a Figura 3 mostra a distribuição temporal da precipitação media anual numa zona árida de Cabo Verde.

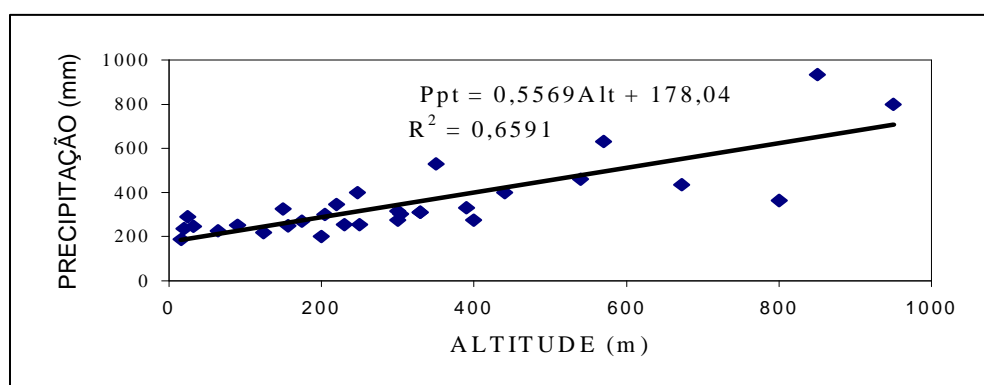


Figura 2. Correlação entre as precipitações médias anuais diárias e altitude

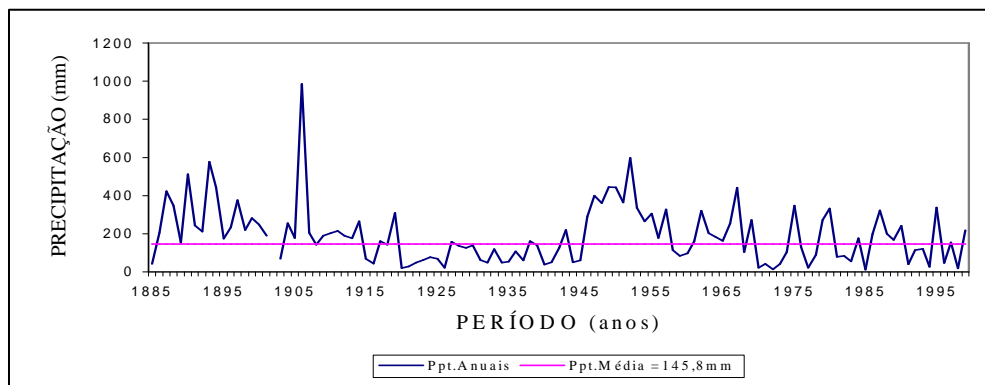


Figura 3. Distribuição temporal da precipitação média anual numa zona árida de Cabo Verde (1941-2000).

Este trabalho discute os sistemas de aproveitamento de água das chuvas, com ênfase para os impactos do projecto de conservação na Bacia Hidrográfica da Ribeira Brava, localizada numa área que se estende de árida, à jusante, à sub-úmida, à montante.

TIPOS DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DAS CHUVAS

Muitos sistemas de aproveitamento da água das chuvas e de escoamento superficial têm sido usados em Cabo Verde, sobretudo em bases empíricas. De um modo geral, têm sido executados pelos Serviços de Conservação do Solo e Água e pelo próprios agricultores e camponeses. Os principais tipos identificados são os seguintes:

1. A água proveniente das ribeiras é espalhada sobre as áreas planas, geralmente designadas por achadas, para a produção agrícola;
2. A água é captada no leito das ribeiras durante a época pluviosa por um sistema de canais e drenada para as áreas cultivadas;
3. As áreas de captação são preparadas e tratadas para contribuírem com as águas de escoamento superficial para as áreas de cultura adjacente e armazenadas em reservatórios previamente calculados para uso posterior. Terraços individuais são usados para produção de plantas individuais, mais propriamente árvores.

Os sistemas de conservação incluem ações que visam aumentar ou controlar as águas de escoamento superficial nas áreas de captação. O Quadro 2 quantifica os sistemas de conservação, assim como os impactos na melhoria das condições das bacias hidrográficas e o Quadro 3 quantifica as águas captadas pelas infra-estruturas hidráulicas, incluindo unidades de dessalinização.

Quadro 2. Quantificação dos sistemas de conservação e os impactos na melhoria das condições das bacias hidrográficas de Cabo Verde.

Anos	Check dams			Reservatórios		Técnicas Estruturais e Vegetativas			Técnicas vegetativas	
	Diques (Nº)	Sedimentos Retidos (m3)	Áreas restauradas (ha)	No.	Capacidade (m3)	Banquetas (ha)	Muretes (ha)	Terraços (ha)	Reflorestamento* (ha)	Feijão congo (ha)
1975-76	563	1513340	71	8	750	389	338	3	0	0
1977	2365	6357120	298	50	10000	150	190	20	4787	0
1978	3038	8166140	382	30	12422	140	376	15	0	12
1979	2044	5494270	257	4639	5830	1530	1420	6	1862	20
1980	1763	2884224	132	40	7583	2634	2125	15	3002	296
1981	2015	5416320	396	26	3708	2914	2398	43	3308	1005
1982	1091	2932810	137	29	6880	2109	1774	60	2485	1806
1983	1647	4427140	207	27	4328	2822	2428	15	3046	3588
1984	1206	4185082	36	39	3859	816	339	30	4611	0
1985	980	6461116	39	35	4541	1342	185	0	4487	0
1986	6975	2224264	104	39	9853	2116	332	0.5	6330	1621
1987	401	320807	15	59	9327	2175	271	0.5	7066	1699
1988	416	363581	17	1	100	2587	195	2	5988	2156
1989	2064	534679	25	8	470	1855	14	0	5361	0
1990	134	256646	12	7	350	2463	5	0.5	6852	0
Total	26702	51537539	2128	5037	80001	26042	12390	224	59185	12203

• De 1991 a 1997 foram plantados 22313 ha de árvores: 1991 (4359 ha); 1992 (4447 ha); 1993 (2335 ha); 1994 (3346 ha); 1995 (3781 ha); 1996 (1384 ha); e 1997 (2661 ha).

Fonte: Sabino (1997)

Table 3. Quantidades de água captada pelas infra-estruturas hidráulicas incluindo unidades de dessalinização.

Ilhas	Diques de captação		Poços		Furos		Galerias		Unidades de dessalinização	
	Número	m3/d	Número	m3/d	Número	m3/d	Número	m3/d	Número	m3/d
Santiago	932	23,740	579	15,072	152	12,257	1	50	2	
Santo Antão	1,056	26,032	33	4,182	36	3,426	-	-	-	
São Nicolau	202	1,017	41	116	15	414	1	615	-	
Maio	2	7	3	6	15	516	-	-	-	
São Vicente*	4	7	430	974	36	705	-	-	2	2,580,000
Fogo	3	64	2	NA	-	2,010	-	-	-	-
Brava	28	810	3	87	-	-	-	-	-	-
Boavista	9	59	55	2,345	5	49	-	-	1	401,500
Sal	-	-	3	160	2	Salted	-	-	2	182,500
Total	2136	51,722	1,149	22,942	270	19,377	2	665	7	

* Dados obtidos de Electra CV (1997)

Fonte: Master Plan for Water Resources (1993) and Master Plan of Irrigation (1997)

SISTEMAS DE GESTÃO DE ÁGUAS DE CHUVAS – OS PROJETOS

Os projetos de sistemas de gestão de água das chuvas, particularmente dos sistemas de conservação, dependem do conhecimento da área específica, especialmente do clima, precipitação, escoamento superficial, áreas cultivadas, capacidade de armazenamento e redução de perdas, aspectos sociais e políticos, problemas relacionados com o ambiente e condições econômicas (Matlock, 1982).

Precipitação e Evapotranspiração

As precipitações concentram-se num período muito curto - de agosto a outubro - e têm a tendência a produzir cheias de carácter torrencial (Freeman et al., 1978). A distribuição no espaço e no tempo é irregular, e as probabilidades de ocorrência em determinado local são utilizadas para a seleção do tipo de cultura e a dimensão do sistema de aproveitamento de água das chuvas para uma dada área cultivada, assim como a capacidade de armazenamento. A Figura 4 mostra uma curva de distribuição de frequências das precipitações médias anuais para cinco zonas ecológicas de Cabo Verde, incluindo a área da Bacia Hidrográfica da Ribeira Brava.

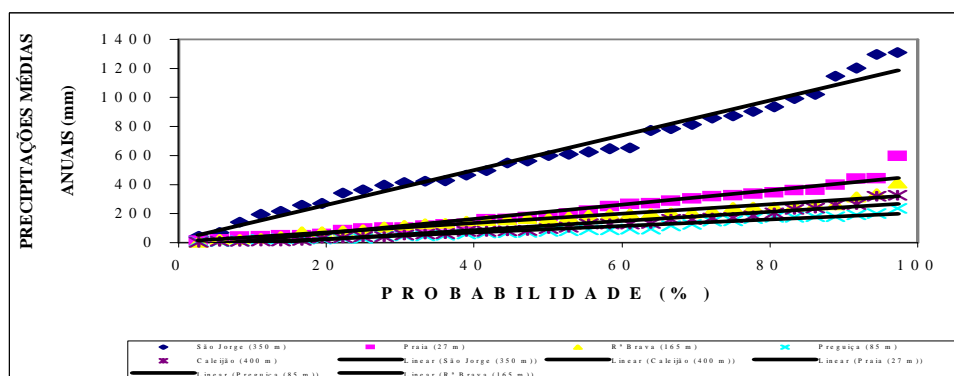


Fig. 4. Curvas de distribuição de frequência das precipitações médias anuais para cinco zonas ecológicas de Cabo Verde.

Baseando-se nas séries de dados climáticos para cada zona específica, foram calculadas as curvas de evapotranspiração potencial (ETP) recorrendo-se ao modelo CROPWATER proposto pela FAO (1986) para determinar as necessidades hídricas durante o ciclo vegetativo das culturas, assim como as quantidades de água a serem fornecidas ao sistema. Sempre que as capacidades de campo dos diferentes solos estejam disponíveis, os balanços hídricos são também estabelecidos para os diversos tipos de solo. A Figura 5 mostra o balanço hídrico para uma zona árida costeira de Cabo Verde.

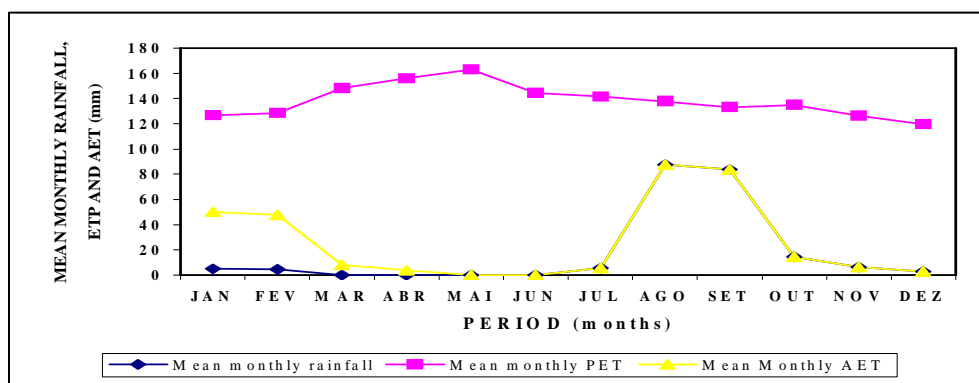


Fig. 5. Balanço hídrico para uma zona árida costeira de Cabo Verde

Escoamento superficial

As precipitações máximas diárias e médias anuais são usadas para o cálculo do volume de escoamento em pequenas bacias hidrográficas, microcaptações e tetos das residências. Alguma investigação tem sido conduzida para estimar o volume e o escoamento. Os métodos mais utilizados são o método racional e o método proposto pelo USDA- SCS (1972). Calcula-se o volume de escoamento em função do CN, que, por sua vez, depende do grupo hidrológico do solo e das condições de cobertura (Dunne et al., 1978):

Erosão-sedimentação e impactos ambientais

A taxa de sedimentação durante a estação úmida é de cerca de 5 t/ha/ano, enquanto que o volume de sedimentos retidos pelos sistemas de conservação, assim como as áreas restauradas estimadas em $52 \times 10^6 \text{ m}^3$ e 2.200 ha, respectivamente, foram calculados pelas seguintes equações propostas por Sabino (1984):

$$V_{sfrc} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i \times H_i \times (3L_i + A_i + B_i)}{6} \quad (1)$$

$$A_{sfrc} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i \times (2L_i + A_i + B_i)}{2} \quad (2)$$

V_{sfrc} = volume de sedimentos de fundo retido por cada tributário em m^3 ; A_{sfrc} = área de cultura criada por cada tributário em m^2 ; d_i = afastamento entre diques, em metros; H_i = altura dos diques em metros; L_i = largura de fundo do vale, em metros; A_i = distância do fundo do vale à margem esquerda, em metros; B_i = distância do fundo do vale à margem direita, em metros; n = número de diques em cada tributário.

Afastamento entre diques

Três métodos diferentes são usados para calcular o espaço entre diques: o primeiro método faz uso de equações empíricas descritas por Mayer (1941) e Mendonça (1951) para calcular o afastamento em função do declive das ravinas e ribeiras, tamanho e densidade médios das partículas dos depósitos sedimentares atrás dos diques; o segundo método, proposto por Heede (1974), é função do declive da ribeira, dos sedimentos retidos e da altura dos diques; no terceiro método o afastamento entre diques é estimado usando o método de regressão linear das observações feitas em vários diques com diferentes alturas construídos nas ravinas ou no leito das ribeiras. A Figura 6 ilustra a correlação entre as alturas dos diques e os lanços (afastamentos) na Ribeira das Vacas, tributário da bacia hidrográfica da Ribeira Brava (Sabino, 1985).

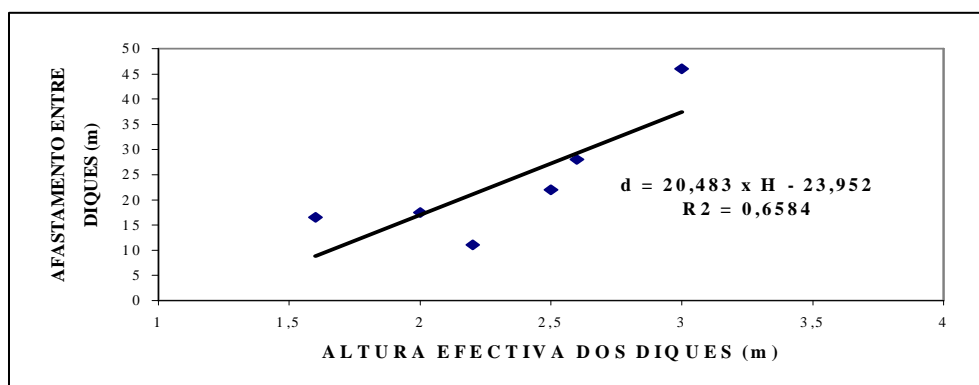


Figura 6. Correlação entre as alturas dos diques e os lanços (afastamentos) na Ribeira das Vacas, tributário da bacia hidrográfica da Ribeira Brava.

Fonte: Sabino (1985)

RESULTADOS

Os diques de correcção do leito de ribeiras e de espalhamento criaram novas áreas de culturas irrigadas e contribuíram para o aumento dos recursos hídricos, não obstante as condições de seca continuada. A produção agrícola nas áreas criadas pelos sedimentos retidos pelos diques foi quantificada. Cinco bacias hidrográficas representativas foram seleccionadas. Sessenta parcelas foram escolhidas aleatoriamente, sendo 30 em zonas áridas e 30 em zonas sub-úmidas. As medidas foram efetuadas durante a época de chuvas para testar o efeito das técnicas de aproveitamento de água das chuvas, particularmente as de conservação do solo e água. A comparação dos rendimentos obtidos com a cultura do milho e biomassa nas encostas e atrás dos diques está ilustrada nas Figuras 7 e 8. Os Quadros 4 e 5 mostram o efeito dos sistemas de conservação na melhoria dos recursos hídricos, no controle de erosão-sedimentação, na produção de culturas e mudanças ambientais antes e depois da implementação do projecto da bacia hidrográfica de Ribeira Brava – São Nicolau em 1985.

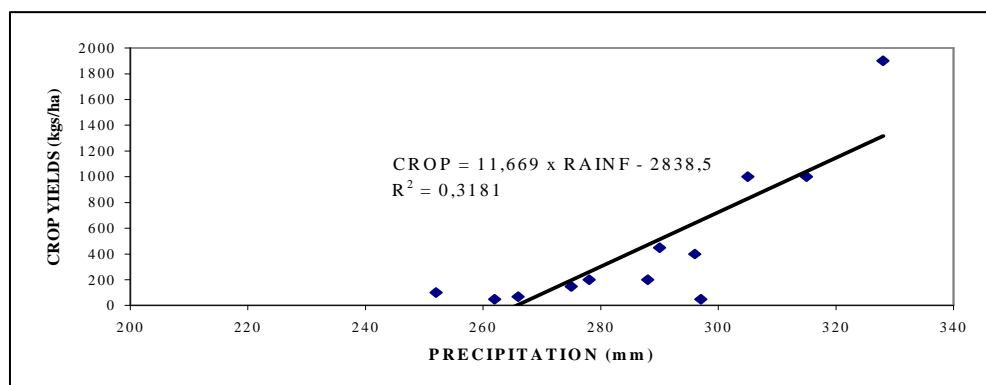


Fig. 6. Diferenças de produção agrícola nas encostas e atrás dos diques, em Cabo Verde

Fonte: Sabino (1997)

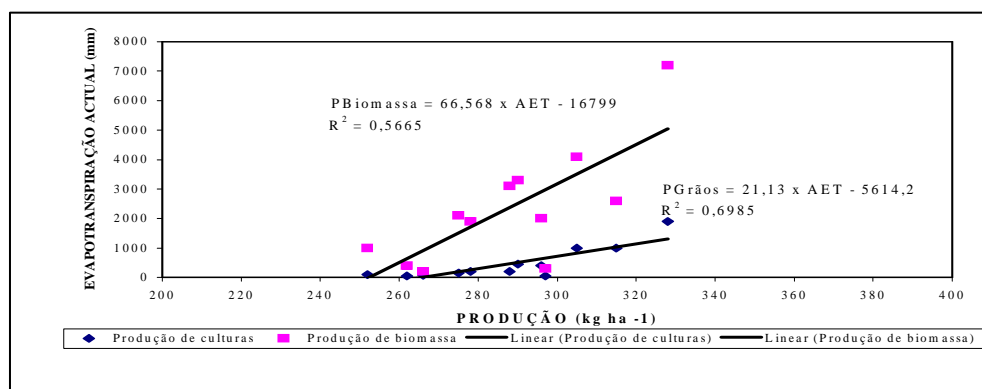


Fig. 7. Produção de grãos versus evapotranspiração durante o ciclo vegetativo

Quadro 4. Melhoria das condições da bacia hidrográfica da Ribeira Brava em termos de recursos hídricos após a implementação do projeto.

Sub-bacias hidrográficas da Ribeira Brava	Altitude (m)	Conductividade Eléctrica (μ/cm)	Temperatura ($^{\circ}C$)	Caudais ¹ (m^3/d)	
				1985	2002
R ^a . Brava: Maiama, M.Palinha, Mãe de Água	182-400	750-1085-1100	25	149	266
Ribeira de Cachaço/Água das Patas	600	500	20	60	65
Ribeira de João/Fabateira (Campimho Norte)	290	400-600	22	79	216
Ribeira das Pombas	340	850	21	seco	32
Ribeira de Fundo Figueiras	250	620	22	3	47
Ribeirão/Segura	310	320	23.5	3.75	56
Ribeira de Faial (Rabona Cigana)	200	620	22	seco	33
Total	-	-	-	295	715

¹Algumas novas nascentes são o resultado da recarga dos diques.

Quadro 5. Efeito dos diques na retenção de sedimentos e na produção das culturas, antes e depois da implementação do projeto.

Sub-bacias hidrográficas	Diques projetados (número)	Diques projetados (número)	Sedimentos retidos (número)	Áreas criadas (ha)	Rendimentos (t/ha)	Aumento de produção (t)
R ^a Água das Patas	44	17	11800	4,20	1,64	6,89
Ribeira de Soca	25	6	2800	0,33	1,64	0,54
Ribeira das Pombas	22	0	0	0	1,64	0
R ^a João Lombo (Campimho norte)	14	8	7700	1,20	1,64	1,97
Ribeira de Colaço	25	0	0	0	1,64	0
Ribeira de Fabateira	14	7	3500	0,42	1,64	0,69
Ribeira Fundo Figueiras	24	0	0	0	1,64	0
Ribeira das Vacas	24	4	2600	0,30	1,64	0,50
Ribeirão	32	0	0	0	1,64	0
Ribeira de Caixa	14	0	0	0	1,64	0
Ribeira de Faial	18	2	1200	0,10	1,64	0,16
Ribeira de Pandulha	15	0	0	0	1,64	0
Ribeira Capão	9	0	0	0	1,64	0
Ribeira Brava (downstream)	36	8	25000	2,00	1,64	3,28
Ribeira Brava (Total)	316	52	54600	8,55	1,64	14,03

CONCLUSÕES

Muitos sistemas de gestão do solo e água, especialmente os sistemas de aproveitamento de água das chuvas introduzidos em Cabo Verde, adaptaram-se bem, não obstante a situação de seca quase permanente. Contudo, alguns não foram bem sucedidos no passado. Os resultados obtidos são

encorajadores, uma vez que contribuíram fortemente para a melhoria das condições econômicas e ambientais das áreas cobertas. Por conseguinte, os sistemas de aproveitamento de água das chuvas surgem como alternativas para uma melhor gestão dos recursos hídricos e produção de culturas em pequena escala nas ilhas de Cabo Verde.

AGRADECIMENTOS

O autor gostaria de agradecer a D. Paula Neves (Eng^a. Diretora), Sr. Antônio Santos (INGRH) e Sr. Angelino Gomes (INERF), do Ministério de Agricultura, Ambiente e Pescas em São Nicolau, pelo apoio prestado durante a elaboração deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dunne, Tomas and Luna B. Leopold. 1978. Water in Environmental Planning. W. H. Freeman. New York, USA.
- Freeman, Peter H., Victor, E. Green, Robert, B. Hickock, Emilio, F. Moran and Moris, D. Whitaker. 1978. Cape Verde Assessment of Agricultural Sector, Preliminary Report. AID. Washington D.C. USA.
- Heede, B. H. 1960. "A Study of Early Gully-Control Structures in the Colorado Front Range." Forest Service. Fort Collins, Colorado. USA.
- Matlock, W. G. 1982. "Notes of Water Harvesting and Runoff Farming." Short Training Course of Water Harvesting. Tucson - Arizona. USA
- Mendonça, P. de Varennes e. 1951."Excerto das Lições de Hidráulica Florestal." Instituto Superior de Agronomia. Lisboa, Portugal.
- Sabino, A. A. 1985. "Projecto de Conservação do Solo e Água na Bacia Hidrográfica da Ribeira Brava, São Nicolau." Ministry of Rural Development and Fisheries. Praia, Cabo Verde.
- Sabino A. A. and Lopez, J.M. 1991. "Premières Résultats des Différents Effets Site-Topsequence-Aménagement sur l'Amélioration du Rendement de Maïs à Santiago. Praia, Cabo Verde.
- Sabino, A. A. 1997. Water Management and Soil Conservation in Cape Verde Islands. Drought and Flood Control Impacts. Water Resources Outlook for the 21st Century: Conflicts and Opportunities. IWRA/Université de Montréal. Canada. BURGEAP, 1974. Etude et Mise en Valeur des Eaux Souterraines Dams. L'Archipel du Cap-Vert. - Etienne Julies- Praia Cap-Vert.
- Sabino, A. A. 1999. "Integrated Drought Management in Cape Verde." International Conference on Integrated Drought Mangement, Lessons for Sub-Saharan, Africa. Pretoria, South Africa.

